



ISSN 2316-1205

Editor-chefe

José Rubens
Macarenhas

Editor-adjunto

Marcelo Nolasco

Submetido

31/10/2025

Aceito

27/2/2026

Publicado

2/3/2026

Como referenciar

WENDT, Lucas George; SEHN, Ana Paula Puhl; SILVA, Maurício Coelho da; RODRIGUES, Pedro Henrique da Silva. Duas décadas de pesquisa sobre o terremoto de Sumatra/Andaman e o tsunami do Oceano Índico, em 2004: uma análise bibliométrica com dados da Scopus. **RBBA-Revista Binacional Brasil-Argentina**, Vitória da Conquista, 2026, v. 16, n.1, e18250. DOI:

DUAS DÉCADAS DE PESQUISA SOBRE O TERREMOTO DE SUMATRA/ANDAMAN E O TSUNAMI DO OCEANO ÍNDICO, EM 2004: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM DADOS DA SCOPUS

DOS DÉCADAS DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL TERREMOTO DE SUMATRA/ANDAMAN Y EL TSUNAMI DEL OCÉANO ÍNDICO DE 2004: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO CON DATOS DE SCOPUS

TWO DECADES OF RESEARCH ON THE 2004 SUMATRA/ANDAMAN EARTHQUAKE AND INDIAN OCEAN TSUNAMI: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS USING SCOPUS DATA

Lucas George Wendt

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS,
Brasil

ID. Lattes: 0351526393576096

ORCID: 0000-0002-4901-6826

Endereço eletrônico:

lucas.george.wendt@gmail.com

Ana Paula Puhl Sehn

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS,
Brasil

ID. Lattes: 0654542649318351

ORCID: 0000-0001-5861-5575

Endereço eletrônico: anapsehn@gmail.com

Maurício Coelho da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil

ID. Lattes: 6047555353386521

ORCID: 0000-0002-7923-9457

Endereço eletrônico:

mauriciocoelho.hlp@gmail.com

Pedro Henrique da Silva Rodrigues

Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil

ID. Lattes: 7630185885673458

ORCID: 0000-0001-5909-2067

Endereço eletrônico: 790.rodrigues@gmail.com

Resumo: Este estudo analisa, por meio de abordagem bibliométrica, a literatura acadêmica sobre o tsunami de 2004 no Oceano Índico, causado por um terremoto

de magnitude 9,1-9,3 na falha de Sunda. O objetivo geral foi investigar a produção científica, focando em aspectos como a dinâmica temporal das publicações, a evolução temática, as principais fontes de disseminação e os padrões de colaboração internacional. A pesquisa utilizou a base Scopus, com expressão de busca abrangente, delimitada a artigos e conferências. Dados de 2.961 documentos foram tratados com RStudio, Biblioshiny e Bibliometrix. Resultados mostram que "Natural Hazards" liderou as publicações. A produção teve pico entre 2006-2008, seguido de declínio gradual. "Tsunami" foi a palavra-chave mais frequente. A evolução revelou mudança de foco físico-geológico para "redução do risco de desastres", "mitigação" e "gestão". Análise de coocorrência identificou três clusters: descrição geográfica/dinâmica, origem geológica e impacto humano/social, com menor integração entre eles. Indonésia, Índia e Estados Unidos foram os países mais produtivos, com forte colaboração entre Indonésia e EUA, e entre Europa e Sudeste Asiático. O estudo destaca ainda a multidisciplinaridade, a evolução do interesse científico e a importância da colaboração internacional para mitigar os impactos de desastres.

Palavras chave: tsunami de 2004; bibliometria; Oceano Índico; produção científica.

Resumem: Este estudio analiza, mediante un enfoque bibliométrico, la literatura académica sobre el tsunami de 2004 en el océano Índico, causado por un terremoto de magnitud 9,1-9,3 en la falla de Sunda. El objetivo general fue investigar la producción científica, centrándose en aspectos como la dinámica temporal de las publicaciones, la evolución temática, las principales fuentes de diseminación y los patrones de colaboración internacional. La investigación utilizó la base Scopus, con una expresión de búsqueda amplia, delimitada a artículos y conferencias. Los datos de 2.961 documentos fueron procesados con RStudio, Biblioshiny y Bibliometrix. Los resultados muestran que "Natural Hazards" lideró las publicaciones. La producción alcanzó un pico entre 2006-2008, seguido de un declive gradual. "Tsunami" fue la palabra clave más frecuente. La evolución reveló un cambio de enfoque físico-geológico hacia "reducción del riesgo de desastres", "mitigación" y "gestión". El análisis de coocurrencia identificó tres clústeres: descripción geográfica/dinámica, origen geológico e impacto humano/social, con

menor integração entre ellos. Indonesia, India y Estados Unidos fueron los países más productivos, con una fuerte colaboración entre Indonesia y EE.UU., y entre Europa y el Sudeste Asiático. El estudio destaca además la multidisciplinariedad, la evolución del interés científico y la importancia de la colaboración internacional para mitigar los impactos de los desastres.

Palabras clave: tsunami de 2004; bibliometría; Océano Índico; producción científica.

Abstract: This study analyzes, through a bibliometric approach, the academic literature on the 2004 Indian Ocean tsunami, caused by a magnitude 9.1-9.3 earthquake on the Sunda fault. The general objective was to investigate scientific production, focusing on aspects such as the temporal dynamics of publications, thematic evolution, main dissemination sources, and patterns of international collaboration. The research used the Scopus database, with a comprehensive search expression, limited to articles and conference papers. Data from 2,961 documents were processed using RStudio, Biblioshiny, and Bibliometrix. Results show that "Natural Hazards" led the publications. Production peaked between 2006-2008, followed by a gradual decline. "Tsunami" was the most frequent keyword. The evolution revealed a shift from a physical-geological focus to "disaster risk reduction", "mitigation", and "management". Co-occurrence analysis identified three clusters: geographical/dynamical description, geological origin, and human/social impact, with less integration among them. Indonesia, India, and the United States were the most productive countries, with strong collaboration between Indonesia and the US, and between Europe and Southeast Asia. The study also highlights multidisciplinary, the evolution of scientific interest, and the importance of international collaboration to mitigate the impacts of disasters.

Keywords: 2004 tsunami; bibliometrics; Indian Ocean; scientific production.

Introdução

O tsunami de 2004 no Oceano Índico, ocorrido em 26 de dezembro daquele ano, foi um dos eventos naturais mais devastadores da história moderna. Resultante de um terremoto de magnitude 9,1-9,3 ao longo da falha de Sunda, próximo à costa ocidental de Sumatra, na Indonésia, o evento gerou ondas que atingiram diversas nações ao redor do oceano, causando destruição generalizada e um número de vítimas estimado em mais de 230 mil pessoas. Em 2024, o evento completou 20 anos e cerca de 50 mil vítimas nunca foram encontradas.

Embora o terremoto de 2004 tenha origem geológica, o debate contemporâneo sobre desastres tem sido ampliado pela frequência de eventos climáticos extremos associados à ação humana. Fenômenos recentes, como inundações recordes na China, secas severas na Tailândia, incêndios na Austrália e as enchentes no Rio Grande do Sul (Brasil) em 2024, exemplificam o estado de alerta global. Tais eventos, assim como os grandes sismos, afetam criticamente a

segurança hídrica, a agricultura e a sobrevivência humana (Schmitt *et al.*, 2022; Bolan *et al.*, 2024; Redação National Geographic Brasil, 2025).

Além de mobilizar a opinião pública, esses eventos extremos influenciam diretamente a comunidade acadêmica e a agenda de pesquisa, engajando diferentes áreas do conhecimento na análise, mensuração e compreensão de seus impactos nas diversas esferas da vida humana.

Considerando o exposto, esse estudo parte da seguinte questão: duas décadas depois, como a ciência tem abordado o tsunami de 2004, um dos eventos mais catastróficos da história da humanidade? O objetivo geral foi investigar, a partir de uma análise da produção científica indexada na Scopus, como a literatura acadêmica abordou os impactos do tsunami de 2004 e os principais eventos discerníveis. Assim, este trabalho propõe como método uma análise bibliométrica acerca do que tem sido estudado pela comunidade científica internacional em relação ao evento. Possui ainda como objetivos específicos: investigar os periódicos ou eventos (fontes) que mais disseminaram estudos sobre o tema; analisar a distribuição temporal da pesquisa sobre o evento; caracterizar a pesquisa sobre o sismo e o tsunami a partir das palavras-chave mais frequentes; analisar a evolução dos temas ao longo do tempo a partir das palavras-chave; analisar a produção científica por país; e identificar padrões de colaboração entre países em torno da pesquisa sobre a temática.

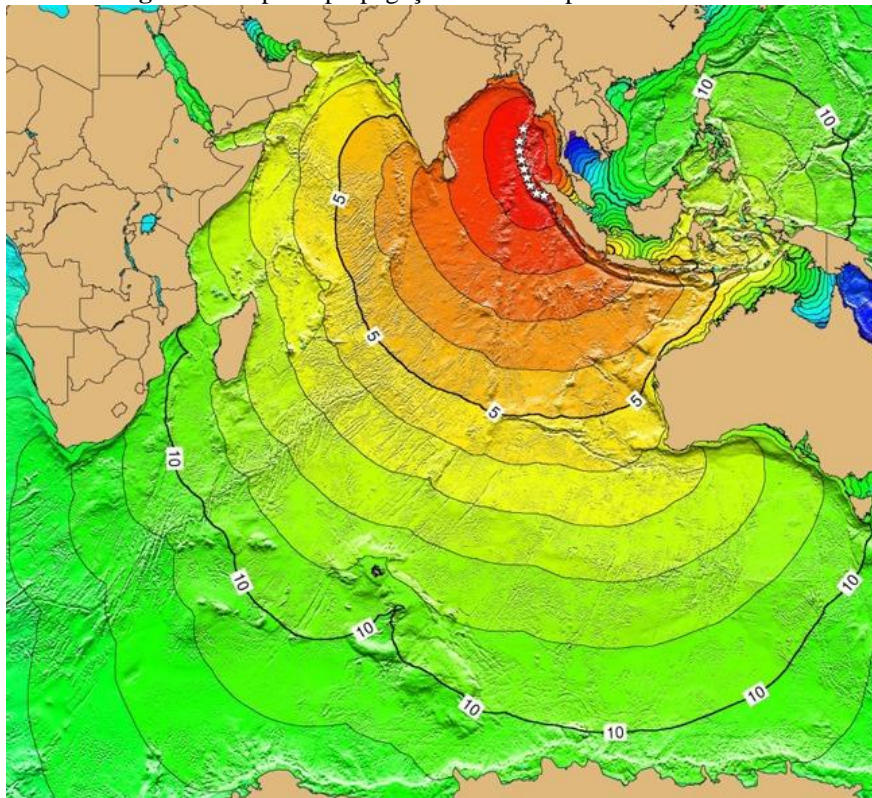
O evento, suas causas e consequências

Os eventos extremos tendem a marcar a história da humanidade devido aos seus impactos em grandes regiões e populações e seu registro pela grande mídia, que rapidamente propaga suas causas e consequências e atrai atenção de grandes parcelas da população. No âmbito científico, são empregados metodologias e abordagens distintas para mensurar eventos específicos e seus impactos. Kohl *et al.* (2005) descrevem como o Terremoto de Sumatra-Andaman e o subsequente tsunami afetaram vários países no Oceano Índico e áreas próximas, criando desastres em grande escala. O estudo dos autores utilizou uma estrutura conceitual e terminologia pré-estabelecida para descrever o risco, os eventos e os danos associados ao terremoto e ao tsunami, abordagem que permitiu identificar a lacuna de muitas informações

sobre os eventos e a necessidade de padronização de indicadores e relatórios que auxiliam no preparo e prevenção para lidar com desastres semelhantes (Kohl *et al*, 2005).

O tsunami foi desencadeado por um processo de subducção na falha de Sunda, que se estendeu por cerca de 1.300 km, tornando-o um dos maiores terremotos já registrados. A energia liberada gerou ondas que se propagaram a velocidades de até 800 km/h, atingindo costas na Ásia, África Oriental e Austrália (BBC News Brasil, 2024)

Figura 1. Mapa da propagação das ondas pelo Oceano Índico



Fonte: Wikimedia Commons

O impacto humano do tsunami foi catastrófico. Indonésia, Sri Lanka, Índia e Tailândia foram os países mais afetados, mas o desastre também alcançou regiões mais distantes, como as Maldivas e a costa oriental da África. O número de mortes superou 230 mil, com dezenas de milhares de desaparecidos e mais de 500 mil feridos. Além disso, milhões de pessoas foram deslocadas, perdendo suas casas, familiares e meios de subsistência. O impacto psicológico sobre os sobreviventes foi ostensivo, com muitos sofrendo de transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT) nos períodos que se seguiram ao evento.

Em Sumatra, a principal ilha da Indonésia, um terço da área de Banda Aceh, capital provincial e maior cidade de Achém, também na Indonésia, foi destruída e 70.000 pessoas morreram, fenômeno que resultou no Programa Tsunarisque, um projeto de pesquisa franco-indonésio que permitiu nova compreensão acerca do processo de formação e atuação do tsunami e a intensidade dos danos na área urbana (Leone *et al.*, 2011). O programa se configurou a partir de método novo de análise espacial de danos e foi baseado em pesquisas de campo, interpretações de fotos e GIS (sigla em inglês para Geographic Information System, que em português significa Sistema de Informação Geográfica, SIG), tendo como primeiro resultado uma cartografia que descreve com precisão a zona de ruptura do tsunami onde é apresentada uma queda acentuada no gradiente de danos em torno de 2,7 km da costa (Leone *et al.*, 2011). Outro produto do programa foi a criação de uma nova escala de intensidade "macro-tsunâmica" baseada em tipologias especiais de edifícios e danos, permitindo análises complementares de curvas de fragilidade que oferecem relações estatísticas entre intensidades médias de danos e alturas de ondas (Leone *et al.*, 2011).

As perdas econômicas foram estimadas em dezenas de bilhões de dólares. Estradas, pontes, redes elétricas e sistemas de abastecimento de água foram destruídos em larga escala. Regiões turísticas, especialmente na Tailândia e nas Maldivas, sofreram graves prejuízos, com a perda de milhares de vidas e a destruição de infraestrutura hoteleira. As áreas costeiras tiveram seus campos inundados com água salgada, tornando-os impróprios para o cultivo, enquanto o setor pesqueiro perdeu embarcações e equipamentos essenciais.

Em relação aos impactos ambientais, o tsunami também causou destruição significativa, uma vez que manguezais, recifes de corais e praias foram devastados, afetando a biodiversidade marinha e costeira. Resíduos sólidos, esgoto e produtos químicos industriais contaminaram o solo e os recursos hídricos. Algumas áreas costeiras também sofreram alterações permanentes na sua geografia devido à erosão e sedimentação.

O impacto geomorfológico incluiu erosão severa de praias, destruição de barreiras de areia e alterações nos leitos dos rios (Paris *et al.*, 2009). As consequências no ambiente costeiro de Sumatra um ano após o evento indicam que o impacto ambiental de longo prazo pode diferenciar tsunamis de grande magnitude dos moderados (Paris *et al.*, 2009).

A resposta ao desastre foi uma das maiores mobilizações internacionais já vistas (UNICEF, 2006). Governos, organizações não governamentais (ONGs) e agências da ONU uniram esforços para fornecer ajuda humanitária. Foram fornecidos alimentos, água potável, abrigos temporários e cuidados médicos para milhões de desabrigados. Diversos países e organizações se comprometeram com doações financeiras para a reconstrução de infraestrutura e habitação. O desastre levou à criação do Sistema de Alerta de Tsunami no Oceano Índico (IOTWS), para reduzir os impactos de futuros tsunamis (UNICEF, 2006).

Cabe ainda considerar os impactos culturais e sociais advindos de eventos climáticos extremos: a ocorrência de realocações devido ao estresse ambiental em escalas geográficas subnacionais a muito locais após desastres de grande escala, reassentando pessoas e comunidades em contextos culturais, linguísticos e religiosos familiares (Daly *et al.*, 2023). O estudo de Daly *et al.* (2023) utilizou dados qualitativos de 12 complexos de reassentamento construídos em Aceh, Indonésia, para pessoas deslocadas pelo Tsunami do Oceano Índico de 2004 e analisou a importância do capital social para a construção de coesão dentro dos complexos de reassentamento e entre os complexos de reassentamento e as comunidades anfitriãs. Entre as descobertas do estudo, destaca-se que as pessoas afetadas pelo evento foram em sua maioria realocadas a menos de 20 km de suas casas antes do tsunami, cenário que evidenciou distinções sociais claras entre as pessoas reassentadas e as comunidades anfitriãs, resultando em impactos práticos na integração, acesso a recursos e participação nas estruturas de governança local, bem como influenciaram tradições culturais e religiosas compartilhadas e práticas sociais (Daly *et al.*, 2023).

Metodologia

A bibliometria aplica métodos matemáticos e estatísticos para estudar padrões da comunicação científica, mapeando a estrutura, dinâmica e evolução de um campo do conhecimento (Lawani, 1981), por exemplo. Por meio de indicadores quantitativos, identifica padrões de produção, disseminação e impacto da pesquisa científica. Como método, a bibliometria tem diversas aplicações: avalia a produtividade e o impacto de autores, grupos de

pesquisa e instituições, complementando revisões por pares; monitora tendências, revelando áreas emergentes, padrões de colaboração e direções de pesquisa; e fornece evidências quantitativas para decisões estratégicas, como alocação de recursos e benchmarking institucional (Cortas; Rahal, 2019). Nesse sentido, a bibliometria se mostra como instrumento útil para identificar como a ciência abordou os impactos do tsunami de 2004. A escolha pela base de dados Scopus justifica-se por sua abrangência multidisciplinar e pela qualidade dos metadados indexados, sendo considerada uma das maiores fontes de resumos e citações de literatura revisada por pares, o que garante a robustez necessária para análises bibliométricas globais.

A busca na Scopus foi realizada em janeiro de 2025, considerou trabalhos publicados até 31/12/2024 e utilizou a seguinte expressão: ((tsunami OR seism OR earthquake OR seaquake OR "tidal wave") AND ("Indian Ocean" OR sumatra OR "Andaman Sea" OR "east asia") AND ("2004" OR "Boxing Day" OR disaster OR "humanitarian crises") OR ("Sumatra-Andaman earthquake")). Para refinar o corpus de análise, foram aplicados os seguintes critérios de elegibilidade: (1) recorte temporal estrito entre 01/01/2004 e 31/12/2024; (2) inclusão exclusiva de documentos tipificados como 'Artigos' (Articles) e 'Trabalhos de Conferência' (Conference Papers). Foram excluídos documentos classificados como editoriais, notas e erratas, bem como registros duplicados ou fora do intervalo temporal analisado.

As análises bibliométricas foram realizadas utilizando as ferramentas RStudio, Bibliometrix e Biblioshiny, que trabalham de forma integrada. O RStudio é a plataforma base para programação em R, enquanto o Bibliometrix oferece um conjunto de funções para análises bibliométricas. Já o Biblioshiny funciona como uma interface gráfica, tornando o processo mais intuitivo e acessível. Dentro do ambiente do RStudio, o pacote Bibliometrix executa cálculos e gera resultados, utilizando a linguagem R. O Biblioshiny, por sua vez, simplifica a interação do usuário ao oferecer uma interface visual que aproveita as funcionalidades do Bibliometrix.

Resultados e discussão

Para facilitar a organização da descrição dos resultados, estes foram apresentados relacionados aos objetivos específicos.

A análise fundamentou-se em um corpus de 2.961 documentos, provenientes de 993 fontes e elaborados por 7.149 autores, compreendendo o período de 2004 a 2024. Do total,

2.360 estudos (79,7%) são artigos científicos, enquanto 601 (20,3%) correspondem a trabalhos apresentados em eventos.

O objetivo específico a) investigar os periódicos ou eventos (fontes) que mais disseminam estudos sobre o tema, teve como intenção verificar como está distribuída a publicação no corpus analisado.

A análise revelou uma concentração em periódicos de geociências e riscos naturais. As cinco fontes que se destacaram foram a revista "Natural Hazards" com 81 artigos, seguida por "Geophysical Research Letters" (75), "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science" (74), "Journal of Geophysical Research: Solid Earth" (55) e o "Geophysical Journal International" com aproximadamente 50 publicações. Essas fontes apresentam um foco temático na geofísica e sismologia. A presença do "International Journal of Disaster Risk Reduction" (42) entre os principais periódicos também destaca a importância da pesquisa sobre mitigação de desastres.

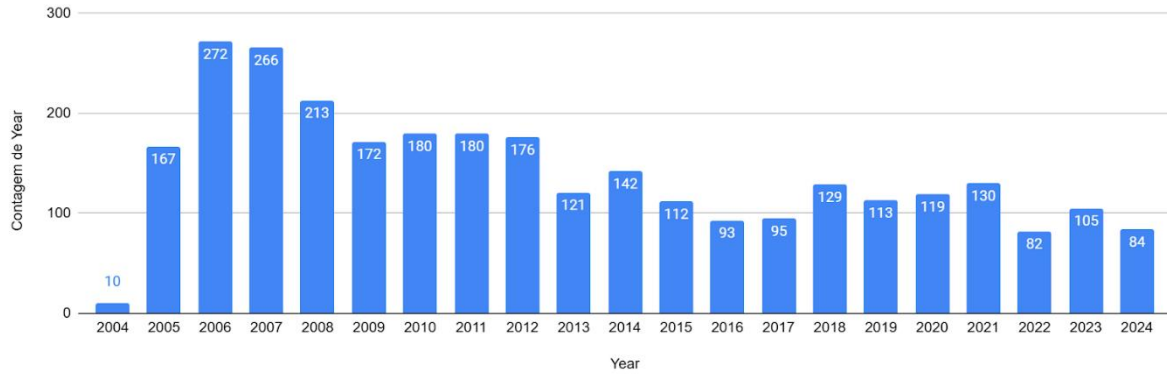
Em ordem decrescente de número de documentos publicados, o Gráfico 1 apresenta os dados. Observou-se que a revista "Natural Hazards" lidera com aproximadamente 81 documentos, seguida pela "Geophysical Research Letters" com cerca de 75 documentos. Em terceiro lugar, encontra-se o "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science" com aproximadamente 74 publicações. Esta concentração nas três principais fontes sugere uma forte ênfase em pesquisas relacionadas a riscos naturais e geofísica.

O fato de que estas dez principais fontes concentram uma parcela significativa das publicações indica sua centralidade na disseminação do conhecimento científico sobre o tema. A distribuição das publicações entre estas fontes reflete a natureza multidisciplinar do estudo do tsunami do Oceano Índico de 2004, que demanda análises sob diferentes perspectivas científicas: desde a compreensão dos mecanismos geofísicos subjacentes até as implicações para a gestão de riscos e desastres naturais.

A presença de periódicos dedicados tanto à pesquisa fundamental (como os focados em geofísica) quanto à aplicada (como aqueles voltados para redução de riscos de desastres) sugere um equilíbrio entre a busca pelo entendimento dos fenômenos naturais e o desenvolvimento de estratégias práticas para mitigação de seus impactos.

Em relação ao objetivo específico b) analisar a distribuição temporal da pesquisa sobre o tema, o Gráfico 1 apresenta o comportamento da publicação ao longo do tempo.

Gráfico 1. Publicações por ano



Fonte: os autores.

A análise temporal das publicações revela um padrão de desenvolvimento do interesse científico ao longo dos últimos 20 anos (2004-2024). O gráfico 1 demonstra claramente diferentes fases no volume de publicações, que podem ser interpretadas da seguinte forma: houve uma fase inicial, imediatamente após os eventos. O ano de 2004, quando ocorreu o tsunami, registrou apenas 10 publicações, o que é compreensível dado que o evento ocorreu no final de dezembro daquele ano. Já em 2005, houve um salto para 167 publicações, representando a resposta imediata da comunidade científica ao evento.

Os picos de interesse se deram nos anos subsequentes. Os anos de 2006 a 2008 representam o período de maior volume de publicações sobre tema, com um pico de 272 publicações em 2006, seguido por 266 em 2007 e 213 em 2008, o que coincide com a fase mais intensa de estudos sobre o evento e suas consequências. Entre 2009 e 2012, observa-se uma estabilização relativa no número de publicações, oscilando entre 172 e 180 documentos por ano, o que pode demonstrar uma consolidação do conhecimento científico sobre o tema.

Por fim, nota-se um declínio gradual. A partir de 2013, percebe-se uma tendência de declínio no número de publicações, com algumas flutuações. O número de publicações diminuiu de 121 em 2013 para cerca de 84 em 2024. Esta redução, entretanto, não deve ser interpretada simplesmente como uma perda de interesse no tema. Mesmo com a diminuição no volume de publicações, o tema mantém uma presença constante na literatura científica, com uma média de aproximadamente 100 publicações anuais nos últimos anos. Isto sugere que,

DUAS DÉCADAS DE PESQUISA SOBRE O TERREMOTO DE SUMATRA/ANDAMAN E O TSUNAMI DO OCEANO ÍNDICO, EM 2004: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM DADOS DA SCOPUS

embora o interesse inicial intenso tenha diminuído, o tema continua relevante para a comunidade científica, especialmente considerando seu papel na compreensão e prevenção de desastres naturais similares.

No que tange ao objetivo específico c) caracterizar a pesquisa sobre o tema a partir das palavras-chave mais frequentes, a representação em formato de treemap ajuda a elucidar a distribuição das Palavras-chave dos Autores. Aqui cabe mencionar que as Palavras-chave dos Autores (DE) são termos escolhidos diretamente pelos autores para representar o conteúdo do artigo, refletindo sua intenção. Já as Palavras-chave Plus (ID), que veremos mais adiante, são geradas automaticamente por algoritmos em bases como Scopus, baseando-se na frequência de termos nos títulos das referências citadas, sem necessariamente aparecerem no artigo.

Figura 2. Representação em formato de treemap das 50 palavras-chave dos autores mais comuns no corpus.



Fonte: os autores.

O termo "tsunami" emerge como protagonista, ocupando aproximadamente 28% das ocorrências nas Palavras-chave dos Autores (DE), estabelecendo claramente o foco das pesquisas desenvolvidas neste campo. Em complemento, observa-se uma forte presença de palavras relacionadas aos aspectos geológicos e físicos do fenômeno. Termos como "earthquake" (terremoto), "ocean", "subduction zone" (zona de subducção) e "seismicity" (sismicidade) demonstram a atenção dada aos mecanismos naturais que desencadeiam estes eventos. A presença de "Sri Lanka" como palavra-chave significativa indica a relevância

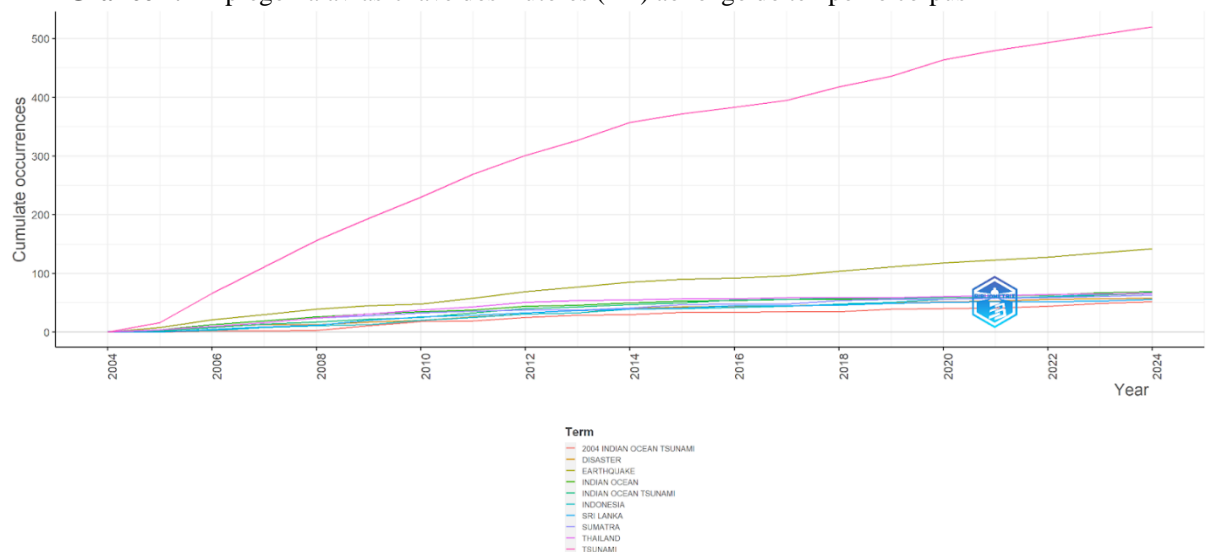
geográfica específica nas pesquisas, evidenciando o impacto territorial do evento de 2004, que teve neste país um dos mais afetados.

O aspecto da gestão e impacto de desastres também se destaca por meio de termos como "natural hazard" (perigo natural), "disaster" (desastre), "risk" (risco) e "disaster management" (gestão de desastres). Esta vertente demonstra uma preocupação com a compreensão do fenômeno em si, mas também com suas implicações práticas e a necessidade de desenvolver estratégias de prevenção e mitigação de impactos. A dimensão metodológica e técnica das pesquisas é representada por palavras-chave como "numerical simulation" (simulação numérica), "wave sensing" (sensoriamento de ondas) e "propagation" (propagação), que sugerem a aplicação dos métodos científicos e tecnológicos empregados no estudo e previsão destes eventos naturais, ressaltando o caráter técnico-científico das investigações.

Esta distribuição de Palavras-chave dos Autores reflete uma abordagem mais ampla do tema, integrando aspectos físicos, geográficos, metodológicos e de gestão. Entende-se que a coerência temática é evidenciada pela interconexão entre os termos, que constroem uma narrativa completa desde as causas geológicas até as respostas em termos de gestão de desastres. A presença de termos técnicos e práticos sugere um corpo de literatura que busca entendimento teórico e também aplicações concretas para a prevenção e mitigação de desastres similares.

O objetivo específico d) é analisar a evolução dos temas ao longo do tempo a partir das palavras-chave.

Gráfico 2. Emprego Palavras-chave dos Autores (DE) ao longo do tempo no corpus



Fonte: os autores

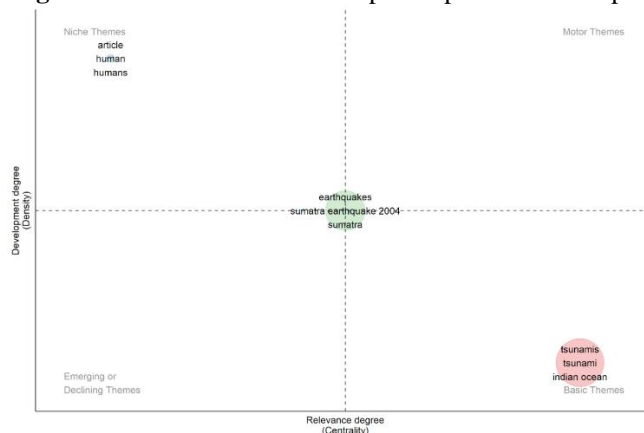
DUAS DÉCADAS DE PESQUISA SOBRE O TERREMOTO DE SUMATRA/ANDAMAN E O TSUNAMI DO OCEANO ÍNDICO, EM 2004: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM DADOS DA SCOPUS

O Gráfico 2 apresenta a evolução cumulativa do uso de Palavras-chave dos Autores relacionadas ao tsunami do Oceano Índico de 2004 ao longo do tempo (2004-2024). O termo "tsunami" (representado pela linha rosa) mostra um crescimento mais acentuado em comparação com os demais termos, atingindo aproximadamente 500 ocorrências cumulativas ao final do período. Este crescimento aponta para o fato de que o fenômeno tsunami permanece como o foco das publicações, servindo como termo agregador para os diversos aspectos da pesquisa.

Em um segundo nível de frequência, observa-se o termo "disaster" (em amarelo), que apresenta um crescimento moderado, porém constante, alcançando cerca de 150 ocorrências cumulativas. Os demais termos, incluindo referências geográficas como "Indian Ocean", "Indonésia", "Sri Lanka" e "Thailand", bem como termos técnicos, mostram padrões de crescimento mais modestos, mas constantes, todos abaixo de 100 ocorrências cumulativas..

Nota-se três fases distintas a partir do emprego de palavras-chave: uma fase inicial (2004-2008) de crescimento mais acentuado, refletindo a resposta imediata da comunidade científica ao evento; uma fase intermediária (2008-2016), com crescimento moderado e constante; e uma fase mais recente (2016-2024), onde as curvas começam a mostrar sinais de estabilização, sugerindo uma possível maturidade do campo de pesquisa ou declínio de interesse na publicação sobre o tema. Em resumo, a evolução temporal das Palavras-chave dos Autores demonstra uma transição gradual de uma fase inicial de documentação e análise intensiva do evento para uma fase de consolidação do conhecimento e integração com outros aspectos da pesquisa sobre desastres naturais e suas implicações.

Figura 3. Matriz de temas do corpus de palavras-chave plus



Fonte: os autores.

A análise do diagrama apresentado na Figura 3 revela a estrutura da produção científica relacionada ao tsunami do Oceano Índico de 2004, distribuída em diferentes quadrantes que representam a relação entre centralidade e densidade dos temas de pesquisa, com base nas Palavras-chave Plus, visualização que permite compreender como diferentes aspectos do evento se relacionam e se desenvolvem no contexto científico.

No quadrante superior esquerdo, caracterizado como área de temas de nicho, encontram-se os termos "article", "human" e "humans". Estes elementos apresentam um alto grau de desenvolvimento interno, embora com menor centralidade na rede geral de pesquisas. Tal posicionamento sugere que os estudos sobre os impactos humanos do tsunami, embora bem desenvolvidos em sua especificidade, mantêm-se como uma linha de investigação relativamente independente do núcleo central das pesquisas.

A região central do diagrama é ocupada por termos mais basilares como "earthquakes", "sumatra earthquake 2004" e "sumatra", posicionamento que reflete sua função como elementos de conexão entre diferentes aspectos da pesquisa, servindo como pontos de referência para diversos estudos. A localização destes termos demonstra sua importância na estruturação do campo de pesquisa, conectando aspectos geofísicos e geográficos do evento.

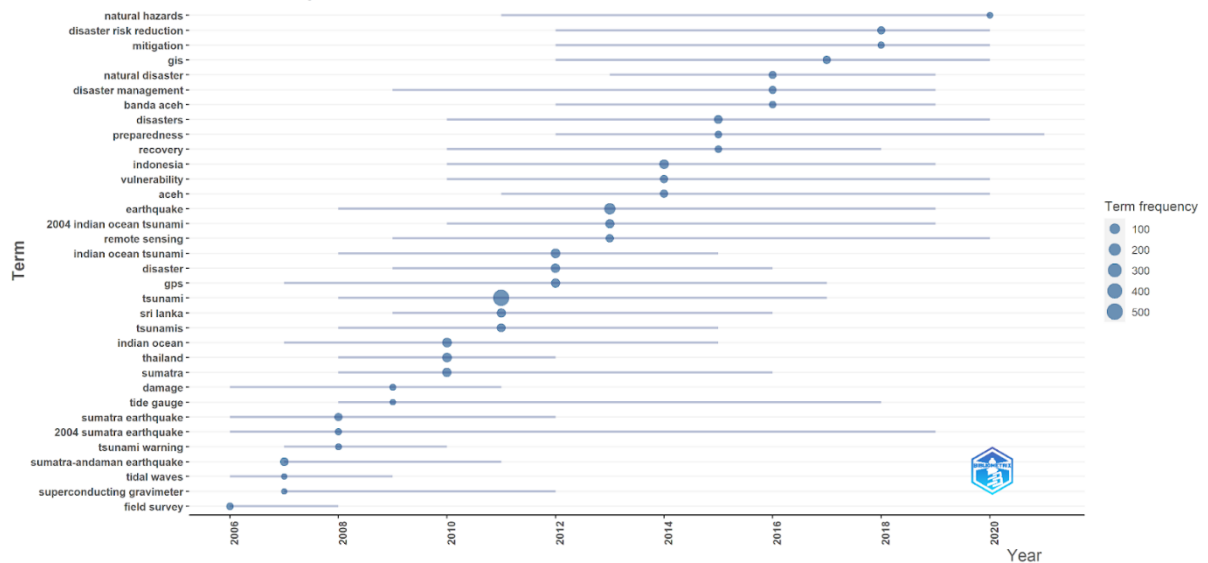
No quadrante inferior direito, encontram-se os temas básicos, representados por "tsunamis", "tsunami" e "indian ocean". Estes termos apresentam alta centralidade, porém menor densidade, indicando que constituem os fundamentos do campo de pesquisa. Sua posição sugere que são elementos relevantes para a compreensão do tema analisado, servindo como base para diversos estudos e abordagens.

É notável a ausência de temas no quadrante superior direito, tradicionalmente associado aos temas motores do campo, lacuna que pode indicar uma oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas que integrem diferentes aspectos do evento de maneira mais abrangente e desenvolvida, potencialmente combinando elementos dos estudos geofísicos, geográficos e humanos em abordagens mais holísticas.

A disposição geral dos termos no diagrama reflete a maturidade do campo de pesquisa, com clara definição de seus elementos fundamentais e nichos específicos de investigação, uma vez que já existe pesquisa neste evento em específico há pelo menos 20 anos.

DUAS DÉCADAS DE PESQUISA SOBRE O TERREMOTO DE SUMATRA/ANDAMAN E O TSUNAMI DO OCEANO ÍNDICO, EM 2004: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COM DADOS DA SCOPUS

Gráfico 3. Trend topics do corpus de Palavras-chave Plus



Fonte: os autores.

O Gráfico 3 ilustra a evolução temporal dos tópicos de tendência no corpus de Palavras-chave Plus relacionadas ao tsunami, abrangendo um período que vai de 2006 a 2020. Esta visualização oferece uma perspectiva interessante sobre como o foco da pesquisa científica evoluiu ao longo do tempo. No início do período analisado (por volta de 2006-2008), observam-se termos mais técnicos e específicos ao evento, como "field survey", "superconductive gravimeter" e "sumatra-andaman earthquake", que apontam o foco inicial das pesquisas em aspectos técnicos e na coleta de dados primários sobre o evento.

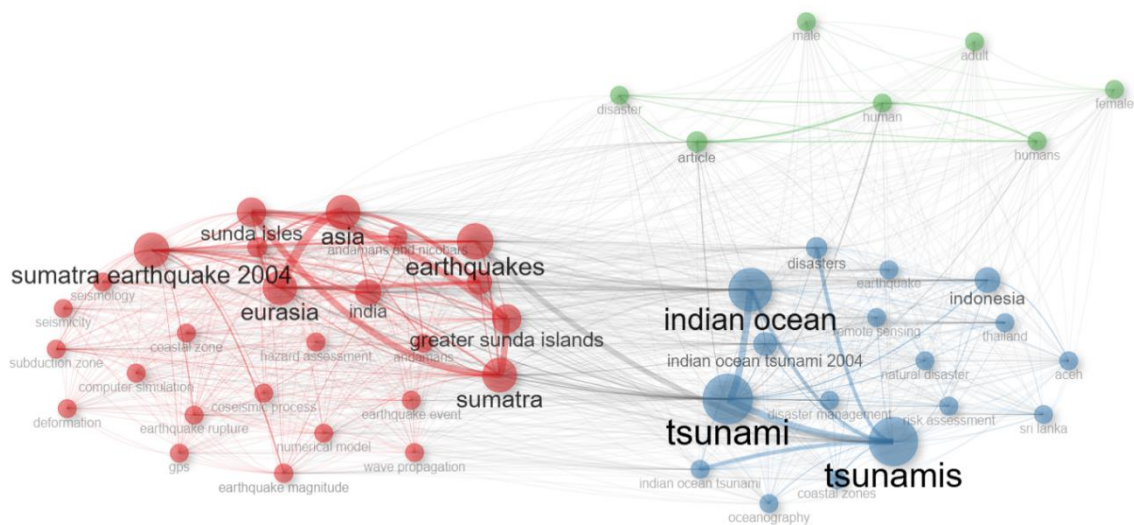
Conforme se avança na linha do tempo (2010-2012), nota-se uma transição para termos mais abrangentes relacionados à localização e aos impactos imediatos, como "damage", "sumatra", "thailand" e "indian ocean". O termo "tsunami" apresenta uma das maiores frequências neste período, indicado pelo tamanho maior do círculo no gráfico. No período intermediário (2012-2014), emergem termos relacionados aos aspectos específicos do evento como "2004 Indian ocean tsunami", "earthquake" e "remote sensing", o que entende-se como um aprofundamento na compreensão do fenômeno e suas características particulares.

Na fase mais recente (2016-2020), observa-se uma mudança para temas voltados à gestão e prevenção de desastres, com termos como "natural hazards", "disaster risk reduction", "mitigation", "natural disaster" e "disaster management", evolução que indica uma transição do

foco da pesquisa da análise do evento em si para suas implicações práticas e de caráter preventivo. A frequência dos termos, representada pelo tamanho dos círculos no gráfico, mostra que alguns tópicos mantiveram relevância consistente ao longo do tempo, enquanto outros emergiram como novos focos de interesse.

O objetivo específico e) analisa a coocorrência de palavras-chave no corpus, representada pela Figura 4.

Figura 4. Coocorrência de palavras-chave plus no corpus



Fonte: os autores.

A Figura 4 apresenta a coocorrência de Palavras-chave Plus relacionadas a estudos sobre o tsunami e seus impactos associados. A visualização utiliza nós e arestas para indicar palavras-chave e suas conexões, formando clusters que revelam tópicos temáticos. Os diferentes agrupamentos são representados por cores, refletindo áreas de concentração de pesquisa.

Os nós estão agrupados em três clusters principais (azul, vermelho e verde), cada um representando diferentes focos de pesquisa relacionados ao tema. O cluster azul abrange palavras-chave como "tsunami", "Indian Ocean", "Indonesian Ocean tsunami 2004", "natural disasters" e "risk assessment", sendo núcleo de estudos voltados para a descrição geográfica e dinâmica do evento, com ênfase na região afetada e nas características do desastre. O foco são estudos geográficos e avaliação de riscos relacionados ao evento.

Considerando termos como "Sumatra", "earthquakes", "Asia", "Eurasia" e "Sumatra earthquake", o cluster vermelho é centrado na origem geológica do tsunami e suas implicações regionais. A falha de Sunda, localizada próximo à Sumatra, é um ponto de partida para discussões científicas sobre o terremoto de magnitude 9,1-9,3 que desencadeou o tsunami, uma vez que é o local onde ele aconteceu. Estudos sismológicos, geofísicos e a conexão direta com a região de Sumatra e áreas vizinhas são o foco.

Por fim, o cluster verde tem palavras como "humans", "adult", "female" e "article" que o compõem, sendo menor que os outros dois. Ele foca no impacto humano e social do evento, incluindo a documentação científica sobre as consequências do desastre. O foco são estudos voltados para as consequências humanitárias e sociais do tsunami.

As conexões entre os clusters são indicadas pelas linhas (arestas), que representam a coocorrência de palavras-chave em diferentes estudos. As relações mais densas estão entre os clusters azul e vermelho, sugerindo que a maior parte da pesquisa sobre tsunamis se concentra em sua dinâmica física e geográfica (cluster azul) e na origem geológica e regional (cluster vermelho).

A relação entre "Indian Ocean" e "Sumatra" é particularmente forte, refletindo o papel de relevância do tsunami de 2004 nos estudos científicos e sua relevância como evento global. Há, também, uma conexão menos densa, mas ainda presente, entre os clusters azul/vermelho e o verde, indicando que os impactos humanos estão sendo explorados, mas de forma menos integrada com os estudos físicos e geológicos.

Por fim, é possível observar que o tsunami de 2004 catalisou uma série de estudos em múltiplas disciplinas, refletindo sua relevância histórica e científica. Estudos posteriores, como os de impacto humanitário (cluster verde), indicam que essa área de pesquisa poderia ter atraído mais atenção, especialmente em temas como reconstrução, desaparecimento de pessoas e avaliação das respostas humanitárias.

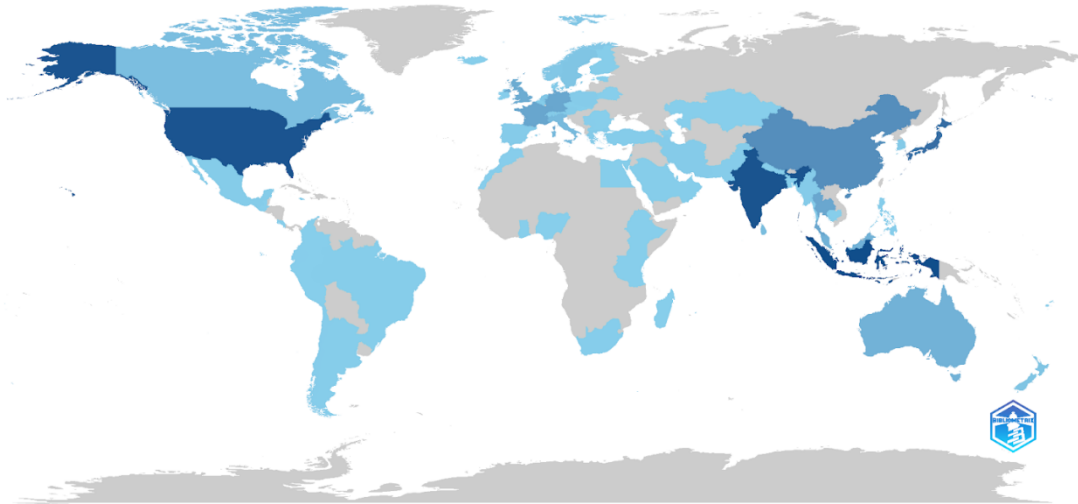
O objetivo específico seguinte, o f) é analisar a produção científica por país. Os dados demonstram uma relação direta entre a proximidade geográfica do evento e o volume de produção científica. Países como Indonésia, Índia, Sri Lanka e Tailândia, diretamente impactados pelo tsunami, concentram suas publicações em temas como reconstrução de

comunidades, resposta emergencial e resiliência a futuros desastres, como é destacado no Gráfico 4.

O Gráfico 4 apresenta os países mais envolvidos na pesquisa. A Indonésia lidera com 1.600 publicações, refletindo sua posição como epicentro do evento e país mais devastado. Esse volume de produção científica está alinhado à necessidade de compreender e mitigar os impactos de futuros desastres. Em seguida, aparecem Índia (1.524 publicações), Estados Unidos (1.515 publicações) e Japão (1.179 publicações).

No caso da Índia, sua proximidade geográfica e os danos severos registrados em sua costa impulsionaram a produção de pesquisas voltadas para reconstrução, resiliência comunitária e prevenção. Já os Estados Unidos e o Japão, apesar de não terem sido diretamente afetados, destacam-se como pólos globais de ciência e tecnologia.

Gráfico 4. Países mais envolvidos com a pesquisa no tema



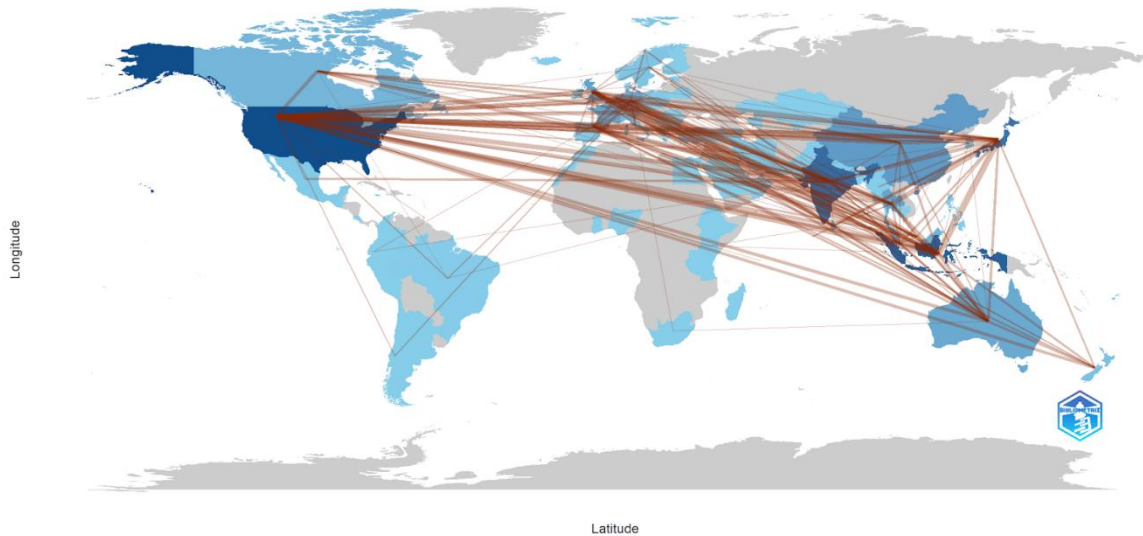
Fonte: os autores.

O último objetivo específico foi o g) identificar padrões de colaboração entre países.

A análise de colaboração científica, representada pelo gráfico a seguir, revela um padrão e parcerias internacionais. As conexões mais intensas incluem a colaboração entre Indonésia e Estados Unidos, que se destaca pela troca de conhecimentos científicos e pelo apoio técnico, uma vez que os Estados Unidos mantêm agências como o United States Geological Survey (USGS), que monitora terremotos no mundo todo. Países europeus, como Alemanha, França e

Reino Unido, também aparecem, estabelecendo parcerias com nações do Sudeste Asiático, como Indonésia, Índia e Tailândia. Essas colaborações geralmente se concentram no desenvolvimento de sistemas de mitigação e reconstrução de longo prazo, reforçando a natureza multidisciplinar e global das pesquisas sobre o tema. O Gráfico 5 apresenta a colaboração entre países.

Gráfico 5. Colaboração entre países na pesquisa sobre o tema



Fonte: os autores.

Observa-se um padrão de cooperação regional entre países diretamente afetados, como Índia, Tailândia, Sri Lanka e Malásia, colaborações que refletem uma troca de experiências práticas e podem culminar com a construção de formas conjuntas para lidar com desastres naturais da escala do tsunami de 2004.

Considerações finais

O tsunami de 2004 no Oceano Índico foi um evento sem precedentes que deixou marcas na história humana e ambiental. O desastre resultou de um terremoto de magnitude 9,1-9,3 ao longo da falha de Sunda, próximo à costa ocidental de Sumatra, na Indonésia. As ondas geradas atingiram diversas nações ao redor do oceano, causando destruição generalizada e um número de vítimas estimado em mais de 230 mil pessoas, além de dezenas de milhares de desaparecidos.

Embora tenha causado destruição massiva, o desastre também impulsionou avanços na gestão de riscos de desastres e na cooperação internacional. A resposta ao desastre foi uma das maiores mobilizações internacionais já vistas, com governos, organizações não governamentais e agências da ONU unindo esforços para fornecer ajuda humanitária. As lições aprendidas continuam a orientar esforços para construir comunidades mais resilientes e preparadas para enfrentar desafios futuros. O evento levou à criação do Sistema de Alerta de Tsunami no Oceano Índico (IOTWS), para reduzir os impactos de futuros tsunamis.

A análise da produção científica sobre o tema realizada neste trabalho revela um padrão de desenvolvimento do interesse ao longo dos últimos 20 anos. Houve uma fase inicial de grande produção científica, seguida por uma estabilização e declínio gradual no número de publicações, o que não significa uma perda de interesse no tema, mas sim uma consolidação do conhecimento científico.

A pesquisa sobre o tema abrange diversos aspectos, desde os mecanismos geofísicos subjacentes até as implicações para a gestão de riscos e desastres naturais. Os principais focos de pesquisa incluem aspectos geológicos e físicos do fenômeno, como terremotos, zonas de subducção e sismicidade. O impacto geográfico, com destaque para países como Sri Lanka, Indonésia e Tailândia, também é destacado. Além disso, há foco na gestão e impacto de desastres, incluindo a avaliação de riscos e estratégias de prevenção e mitigação.

A distribuição das publicações entre as diversas fontes reflete a natureza multidisciplinar do estudo do evento. A análise da coocorrência de palavras-chave revelou três clusters principais de pesquisa: a descrição geográfica e dinâmica do evento, a origem geológica e suas implicações regionais, e o impacto humano e social.

A produção científica por país apresenta uma relação direta entre a proximidade geográfica do evento e o volume de publicações. A Indonésia lidera, seguida pela Índia, Estados Unidos e Japão. A análise da colaboração científica revela um padrão de parcerias internacionais, com destaque para a colaboração entre Indonésia (um país afetado) e Estados Unidos (um país com amplo investimento em pesquisa).

Em síntese, o tsunami marcou um dos episódios mais devastadores da história recente da humanidade, assim como também provocou uma profunda reorganização das prioridades globais em relação à gestão de riscos e desastres.

Apesar dos resultados obtidos, este estudo apresenta limitações. A restrição à base de dados Scopus, embora garanta a qualidade dos metadados, pode ter excluído publicações locais em idiomas nativos (como Bahasa Indonesia ou Thai) ou literatura cinzenta. Como agenda de pesquisa futura, sugere-se: (1) fazer comparações diretas com o tsunami de Tohoku, em 2011, para ver como os padrões de resposta científica se diferenciam entre os dois eventos; (2) explorar de forma mais qualitativa o “cluster verde” (o que trata dos impactos sociais), que apareceu menos conectado aos estudos geofísicos; e (3) analisar as redes de colaboração Sul-Sul, para avaliar o quanto as regiões mais afetadas estão ganhando autonomia científica.

Estudos como o realizado neste trabalho demonstram como a produção científica se organiza em contextos de crise, evidenciando dinâmicas de colaboração internacional, protagonismos regionais e eventuais desigualdades no acesso à pesquisa, o que é importante para garantir que comunidades mais vulneráveis sejam também produtoras de conhecimento relevante. Em última instância, analisar a evolução da literatura acadêmica sobre um desastre como o tsunami de 2004 é também um ato de memória e responsabilidade, pois mantém viva a reflexão sobre o impacto humano das catástrofes e reforça o papel ético da ciência na proteção da vida.

Referências

BBC NEWS BRASIL. **20 anos do tsunami na Ásia**: como foi desastre que matou 227 mil pessoas. 26 dez. 2024. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/articles/cq62qq5vdpvo>. Acesso em: 28 jan. 2026.

BOLAN, Shiv *et al.* Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 909, p. 168388, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972307016X>. Acesso em: 28 jan. 2026.

CORTAS, Nadim; RAHAL, Boushra. Role and Impact of Bibliometric Analysis of Research Productivity in Faculty Evaluation, Recruitment, Promotion, Reappointment, Benchmarking, and in Mission-Based Management (MBM). *In*: BADRAN, Adnan; BAYDOUN, Elias; HILLMAN, John R. (org.). **Major Challenges Facing Higher Education in the Arab World**: Quality Assurance and Relevance. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 289-324. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03774-1_15. Disponível em:

https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-03774-1_15. Acesso em: 28 jan. 2026.

DALY, Patrick *et al.* Social capital and community integration in post-disaster relocation settlements after the 2004 Indian Ocean Tsunami in Indonesia. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [S. l.], v. 95, p. 103861, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103861>. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103861>. Acesso em: 28 jan. 2026.

KOHL, Patrice A. *et al.* The Sumatra-Andaman earthquake and tsunami of 2004: the hazards, events, and damage. **Prehospital and Disaster Medicine**, [S. l.], v. 20, n. 6, p. 355-363, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1049023X00002880>. Disponível em:

<https://doi.org/10.1017/S1049023X00002880>. Acesso em: 28 jan. 2026.

LAWANI, Stephen Majebi. Bibliometrics: Its Theoretical Foundations, Methods and Applications. **Libri**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 294-315, 1981. DOI:

<https://doi.org/10.1515/libr.1981.31.1.294>. Disponível em:

<https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/libr.1981.31.1.294/html>. Acesso em: 28 jan. 2026.

LEONE, Frédéric *et al.* A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunami-induced damages: Lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability. **Applied Geography**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 363-375, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.07.009>. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.07.009>. Acesso em: 28 jan. 2026.

PARIS, Raphaël *et al.* Tsunamis as geomorphic crises: lessons from the December 26, 2004 tsunami in Lhok Nga, west Banda Aceh (Sumatra, Indonesia). **Geomorphology**, [S. l.], v. 104, n. 1-2, p. 59-72, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.040>. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.040>. Acesso em: 28 jan. 2026.

REDAÇÃO NATIONAL GEOGRAPHIC. **De que maneira a mudança climática se conecta com inundações mais recorrentes?** Especialistas explicam. National Geographic, [S. l.], 12 mar. 2025. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2025/03/de-que-maneira-a-mudanca-climatica-se-conecta-com-inundacoes-mais-recorrentes-especialistas-explicam>. Acesso em: 28 jan. 2026.

SCHMITT, Jonas *et al.* Extreme weather events cause significant crop yield losses at the farm level in German agriculture. **Food Policy**, [S. l.], v. 112, p. 102359, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102359>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919222001282>. Acesso em: 28 jan. 2026.

UNICEF. **The 2004 Indian Ocean tsunami disaster**: evaluation of UNICEF's response (emergency and recovery phase). New York: UNICEF, 2006. Disponível em:

https://web.archive.org/web/20120118182452/http://www.unicef.org/evaldatabase/files/UNICEF_Tsunami_Maldives_2006report.pdf. Acesso em: 28 jan. 2026.